

IAP20 Rec'd PCT/PTO 27 JAN 2006

Verfahren zum Herstellen von gehärteten Bauteilen aus  
Stahlblech

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von gehärteten Bauteilen aus Stahlblech sowie gehärtete Bauteile aus Stahlblech die mit dem Verfahren hergestellt wurden.

Im Bereich des Automobilbaus besteht ein Bestreben das Fahrzeuggesamtgewicht abzusenken oder bei verbesserten Ausstattungen das Fahrzeuggesamtgewicht nicht ansteigen zu lassen. Dies kann nur realisiert werden, wenn das Gewicht bestimmter Fahrzeugkomponenten abgesenkt wird. Hierbei wird insbesondere versucht das Gewicht der Fahrzeugrohkarosserie deutlich gegenüber früher abzusenken. Gleichzeitig sind jedoch die Anforderungen an die Sicherheit, insbesondere die Personensicherheit im Kraftfahrzeug und an das Verhalten bei Verunfallung des Fahrzeuges gestiegen. Während für die Absenkung des Karosserierohgewichts die Anzahl der Teile verringert und insbesondere auch die Dicke reduziert wird, wird erwartet, dass die Rohkarosserie mit verringertem Gewicht bei einer Verunfallung eine erhöhte Festigkeit und Steifigkeit bei einem definierten Verformungsverhalten zeigt.

Der am meisten angewandte Rohstoff bei der Karosserieherstellung ist Stahl. Mit keinem anderen Werkstoff lassen sich in derart großen Bereichen kostengünstig Bauteile mit den unterschiedlichsten Werkstoffeigenschaften zur Verfügung stellen.

Aus den geänderten Anforderungen resultiert, dass bei hohen Festigkeiten, auch hohe Dehnungswerte und damit eine verbes-

serte Kaltumformbarkeit gewährleistet ist. Ferner ist der Bereich der darstellbaren Festigkeiten für Stähle erweitert worden.

Eine Perspektive insbesondere für Karosserien im Automobilbau sind dabei Bauteile aus Stahlfeinblech mit einer Festigkeit in Abhängigkeit der Legierungszusammensetzung in einem Bereich von 1000 bis zu 2000 MPa. Um derart hohe Festigkeiten im Bauteil zu erreichen, ist es bekannt, aus Blechen entsprechende Platinen zu schneiden, die Platinen auf eine Temperatur zu erwärmen die über der Austenitisierungstemperatur liegt und anschließend das Bauteil in einer Presse umzuformen, wobei während des Umformvorganges gleichzeitig ein rasches Abkühlen zum Härten des Werkstoffes durchgeführt wird.

Während des Glühens, um die Bleche zu austenitisieren, bildet sich an der Oberfläche eine Zunderschicht. Diese wird nach dem Umformen und Abkühlen entfernt. Dies geschieht üblicherweise mit Sandstrahlverfahren. Vor oder nach diesem Entzundern wird der Endbeschnitt und das Einfügen von Löchern durchgeführt. Werden der Endbeschnitt und das Einfügen der Löcher vor dem Sandstrahlen durchgeführt, ist von Nachteil, dass die Schnittkanten und Lochkanten in Mitleidenschaft gezogen werden. Unabhängig von der Reihenfolge der Bearbeitungsschritte nach dem Härten ist beim Endzundern durch Sandstrahlen und vergleichbaren Verfahren von Nachteil, dass hierdurch das Bauteil häufig verzogen wird. Nach dem genannten Bearbeitungsschritten erfolgt eine sogenannte Stückbeschichtung mit einer Korrosionsschutzschicht. Beispielsweise wird eine kathodisch wirksame Korrosionsschutzschicht aufgebracht.

Hierbei ist von Nachteil, dass die Nachbearbeitung des gehärteten Bauteils außerordentlich aufwendig ist und aufgrund der Härtung des Bauteils sehr hohem Verschleiß unterliegt. Ferner

ist von Nachteil, dass die Stückbeschichtung üblicherweise einen Korrosionsschutz bewirkt, der nicht besonders stark ausgeprägt ist. Zudem sind die Schichtdicken nicht einheitlich, sondern schwanken über die Bauteilfläche.

In einer Abwandlung dieses Verfahrens ist es auch bekannt, ein Bauteil aus einer Blechplatte kalt umzuformen und anschließend auf die Austenitisierungstemperatur aufzuheizen und dann in einem Kalibrierwerkzeug schnell abzukühlen, wobei das Kalibrierwerkzeug dafür verantwortlich ist, dass das Bauteil, welches durch das Aufwärmen verzogen wird, bezüglich der umgeformten Bereiche kalibriert wird. Anschließend erfolgt die zuvor beschriebene Nachbearbeitung. Dieses Verfahren ermöglicht gegenüber dem zuvor beschriebenen Verfahren komplexere Geometrien, da sich beim gleichzeitigen Umformen und Härten im Wesentlichen nur lineare Formen erzeugen lassen, komplexe Formen jedoch bei derartigen Umformvorgängen nicht realisierbar sind.

Aus der GB 1 490 535 ist ein Verfahren zum Herstellen eines gehärteten Stahlbauteils bekannt, bei dem ein Blech aus härtbaren Stahl auf die Härtetemperatur erhitzt wird und anschließend in einer Formgebungseinrichtung angeordnet wird in der das Blech in die gewünschte Endform geformt wird, wobei während der Umformung simultan schnell abgekühlt wird, so dass eine martensitische oder bainitische Struktur erhalten wird während das Blech in der Formvorrichtung verbleibt. Als Ausgangsmaterial wird beispielsweise ein borlegierter Kohlenstoffstahl oder Kohlenstoffmanganstahl verwendet. Nach dieser Druckschrift ist die Umformung vorzugsweise eine Pressung kann aber auch mit anderen Verfahren angewendet werden. Die Umformung und das Abkühlen sollen vorzugsweise so ausgeführt werden und so schnell durchgeführt werden, dass eine feinkörnige martensitische oder bainitische Struktur erhalten wird.

Aus der EP 1 253 208 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines gehärteten Blechprofils aus einer Platine, die in einem Presswerkzeug zum Blechprofil warm umgeformt und gehärtet wird, bekannt. Am Blechprofil werden hierbei aus der Ebene der Platine vorstehende Referenzpunkte beziehungsweise Kragen erzeugt, die zur Lageorientierung des Blechprofils in nachfolgenden Fertigungsoperationen dienen. Die Kragen sollen beim Umformvorgang aus ungelochten Bereichen der Platine ausgeformt werden, wobei die Referenzpunkte in Form von randseitigen Verprägungen oder als Durchstellungen beziehungsweise Kragen im Blechprofil erzeugt werden. Das Warmumformen und Härten im Presswerkzeug soll aufgrund der durch die Kombination von Umform- und Vergütungsverfahren in einem Werkzeug rationellen Arbeitsweise generell Vorteile haben. Aufgrund der Einspannung des Blechprofils im Werkzeug und aufgrund von Wärmespannungen soll es jedoch zu nicht exakt vorherbestimmbaren Verzug am Bauteil kommen. Dieser kann sich nachteilig auf nachgeschaltete Fertigungsoperationen auswirken, weshalb die Referenzpunkte am Blechprofil geschaffen werden.

Aus der DE 197 23 655 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Stahlblechprodukten bekannt, wobei ein Stahlblechprodukt in einem Paar gekühlter Werkzeuge geformt wird, solange es heiß ist und in eine martensitische Struktur gehärtet wird, während es immer noch im Werkzeug befindlich ist, so dass die Werkzeuge als eine Fixierung während des Härtens dienen. In den Bereichen in denen nach dem Härten eine Bearbeitung stattfinden soll, soll der Stahl im Flussstahlbereich gehalten werden, wobei Einsätze in den Werkzeugen dazu verwendet werden, eine schnelle Abkühlung und dadurch eine martensitische Struktur in diesen Bereichen zu verhindern. Die gleiche Wirkung soll auch durch Ausnehmungen in den Werkzeugen erreicht werden können, so dass ein Spalt zwischen dem Stahlblech und den Werkzeugen auftritt. Bei diesem Verfahren ist von Nachteil, dass aufgrund

des erheblichen Verzuges, der hierbei auftreten kann, das vorliegende Verfahren zum Presshärten von Bauteilen mit komplexerer Struktur untauglich ist.

Aus der DE 100 49 660 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen lokalverstärkter Blechumformteile bekannt, wobei das Basisblech des Strukturteils im Flachzustand mit dem Verstärkungsblech lagedefiniert verbunden und dieses sogenannte gepatchte Verbundblech anschließend gemeinsam umgeformt wird. Um das Herstellungsverfahren hinsichtlich Verfahrenserzeugnis und Ergebnis zu verbessern, sowie bezüglich der verfahrensübenden Mittel zu entlasten wird das gepatchte Verbundblech vor dem Umformen mindestens auf etwa 800 bis 850°C erwärmt, rasch eingelegt, im warmen Zustand zügig umgeformt und anschließend bei mechanischer Aufrechterhaltung des Umformzustandes durch Kontaktierung mit dem von innen her zwangsgeköhlten Umformwerkzeug definiert abgekühlt. Insbesondere der insoweit maßgebende Temperaturbereich 800 bis 500°C soll mit einer definierten Abkühlgeschwindigkeit durchfahren werden. Der Schritt des Verbindens von Verstärkungsblech und Basisblech soll ohne weiteres in dem Umformprozess integriert werden können, wobei die Teile miteinander hartverlötet werden wodurch zugleich ein wirksamer Korrosionsschutz an der Kontaktzone erreicht werden kann. Bei diesem Verfahren ist von Nachteil, dass die Werkzeuge insbesondere durch die definierte Innenkühlung sehr aufwendig sind.

Aus der DE 2 003 306 sind ein Verfahren und eine Einrichtung zum Pressen und Härten eines Stahlteils bekannt. Ziel ist es Stahlblechstücke in Form zu pressen und zu härten, wobei die Nachteile bekannter Verfahren vermieden werden sollen, insbesondere, dass Teile aus Stahlblech in aufeinanderfolgenden gesonderten Schritten zum Formpressen und Härten hergestellt werden. Insbesondere soll vermieden werden, dass die gehärte-

ten oder abgeschreckten Erzeugnisse gegenüber der gewünschten Form einen Verzug zeigen, so dass zusätzliche Arbeitsschritte erforderlich sind. Zur Verwirklichung ist es vorgesehen ein Stahlstück, nachdem das Stück auf eine seinen austenitischen Zustand herbeiführenden Temperatur erwärmt worden ist, zwischen einem Paar zusammenwirkender Formelemente zu legen, worauf das Stück gepresst und gleichzeitig schnell Wärme von dem Stück in die Formteile abgeleitet wird. Die Formteile werden während des gesamten Vorganges auf einer Kühltemperatur gehalten, so dass auf das Stück eine Abschreckwirkung unter einem Formdruck ausgeübt wird.

Aus der DE 101 20 063 C2 ist es bekannt, metallische Profilbauteile für Kraftfahrzeuge aus einem in Bandform bereitgestellten Ausgangsmaterial einer Walzprofiliereinheit zuzuführen und zu einem Walzprofil umzuformen, wobei nach dem Austritt aus der Walzprofiliereinheit partielle Bereiche des Walzprofils induktiv auf eine zum Härten erforderliche Temperatur erwärmt und anschließend in einer Abkühleinheit abgeschreckt werden. Im Anschluss hieran sollen die Walzprofile zu den Profilbauteilen abgelängt werden.

Aus der US 6,564,604 B2 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Teils mit sehr hohen mechanischen Eigenschaften bekannt, wobei das Teil durch das Stanzen eines Streifens aus einem gewalzten Stahlblech hergestellt werden soll und insbesondere ein warmgewalztes und beschichtetes Bauteil mit einer Metall- oder Metalllegierung beschichtet ist, welches die Oberfläche des Stahls schützen soll, wobei das Stahlblech geschnitten wird, um ein Stahlblechvorformling zu erhalten, der Stahlblechvorformling kalt oder warm umgeformt wird und entweder nach dem Warmumformen gekühlt und gehärtet wird oder nach dem Kaltumformen erhitzt und anschließend abgekühlt wird. Eine intermetallische Legierung soll auf die Oberfläche vor oder nach dem

Umformen aufgebracht werden und einen Schutz gegen Korrosion und Stahlentkohlung bieten, wobei diese intermetallische Mischung zudem eine Schmierfunktion haben kann. Anschließend wird das überstehende Material von dem Formling abgenommen. Die Beschichtung soll hierbei allgemein auf der Basis von Zink oder Zink-Aluminium beruhen. Hierbei kann ein Stahl verwendet werden der beidseitig elektrolytisch verzinkt ist, wobei eine Austenitisierung bei 950°C erfolgen soll. Diese elektrolytisch verzinkte Schicht wird bei der Austenitisierung komplett in eine Eisen-Zink-Legierung umgesetzt. Es wird ausgeführt, dass beim Umformen und während des Haltens zum Kühlen die Beschichtung den Wärmeabfluss durch das Werkzeug nicht behindert und den Wärmeabfluss sogar verbessert. Zudem schlägt diese Druckschrift vor als Alternative zu einem elektrolytisch verzinkten Band eine Beschichtung aus 45 % bis 50 % Zink, Rest Aluminium zu verwenden. Bei dem genannten Verfahren in seinen beiden Ausführungsformen ist von Nachteil, dass ein kathodischer Korrosionsschutz praktisch nicht mehr vorhanden ist. Zudem ist eine derartige Schicht so spröde, dass beim Umformen Risse auftreten. Eine Beschichtung mit einer Mischung aus 45 bis 50 % Zink und 55 bis 45 % Aluminium entfaltet ebenfalls keinen nennenswerten kathodischen Korrosionsschutz. Zwar wird in dieser Druckschrift behauptet, dass die Verwendung von Zink oder Zink-Legierungen als Beschichtung sogar für die Kanten einen galvanischen Schutz ergeben würde, dies kann jedoch in der Praxis nicht erreicht werden. In der Praxis kann durch die beschriebenen Beschichtungen nicht einmal ein ausreichender galvanischer Schutz in der Fläche erreicht werden.

Aus der EP 1 013 785 A1 ist ein Herstellungsverfahren eines Bauteils aus einem gewalzten Stahlband und insbesondere einem warmgewalzten Band bekannt. Ziel soll es sein, gewalzte Stahlbleche von 0,2 bis 2,0 mm Dicke anbieten zu können, die unter anderem nach der Warmwalzung beschichtet werden und die einer

Verformung entweder kalt oder warm, gefolgt von einer thermischen Behandlung unterworfen werden, wobei der Anstieg der Temperatur ohne Stahlentkohlung und ohne Oxidation der Oberfläche der vorgenannten Bleche vor, während und nach der Warmverformung oder der thermischen Behandlung gesichert werden soll. Hierzu soll das Blech mit einem Metall oder einer Metalllegierung, die den Schutz der Oberfläche des Bleches sichert, versehen werden, anschließend das Blech einer Temperaturerhöhung für die Umformung unterworfen werden, anschließend eine Umformung des Bleches durchgeführt werden und das Teil abschließend abgekühlt werden. Insbesondere soll das beschichtete Blech in heißem Zustand gepresst werden und das durch das Tiefziehen entstandene Teil abgekühlt werden um gehärtet zu werden und zwar mit einer Geschwindigkeit die höher ist als die kritische Härtungsgeschwindigkeit. Es wird ferner eine Stahllegierung angegeben, welche geeignet sein soll, wobei dieses Stahlblech bei 950°C austenitisiert werden soll, bevor es im Werkzeug verformt und gehärtet wird. Die aufgebrachte Beschichtung soll insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung bestehen, wobei hierdurch nicht nur ein Oxidations- und Entkohlungsschutz, sondern auch eine Schmierwirkung resultieren soll. Bei diesem Verfahren kann es zwar im Gegensatz zu den anderen bekannten Verfahren vermieden werden, dass das Blechteil nach dem Aufheizen auf die Austenitisierungstemperatur verzündert, ein Kaltumformen wie dies in dieser Schrift dargestellt ist, ist jedoch mit feueraluminisierten Blechen grundsätzlich nicht möglich, da die feueraluminisierte Schicht eine zu geringe Duktilität für eine größere Verformung aufweist. Insbesondere Tiefziehprozesse komplexerer Formen sind mit derartigen Blechen im kalten Zustand nicht realisierbar. Mit einer derartigen Beschichtung sind Warmumformungen, dass heißt das Umformen und Härten in einem einzigen Werkzeug möglich, das Bauteil weist danach jedoch keinen kathodischen Schutz auf. Zu dem muss auch ein solches Bauteil nach dem Här-



ten mechanisch oder mittels Laser bearbeitet werden, so dass der bereits beschriebene Nachteil eintritt, dass nachfolgende Bearbeitungsschritte durch die Härte des Materials sehr aufwendig sind. Darüber hinaus ist von Nachteil, dass alle Bereiche des Formteils, welche mittels Laser oder mechanisch geschnitten werden über keinerlei Korrosionsschutz mehr verfügen.

Aus der DE 102 54 695 B3 ist es bekannt, zur Herstellung eines metallischen Formbauteils, insbesondere eines Karosseriebauteils aus einem Halbzeug, aus einem ungehärteten warmformbaren Stahlblech, das Halbzeug zunächst durch ein Kaltumformverfahren, insbesondere durch Tiefziehen zu einem Bauteilrohling umzuformen. Anschließend soll der Bauteilrohling randseitig auf eine dem herzustellenden Bauteil näherungsweise entsprechende Berandungskontur beschnitten werden. Schließlich wird der beschnittene Bauteilrohling erwärmt und in einem Warmumformwerkzeug pressgehärtet. Das dabei erzeugte Bauteil weist bereits nach dem Warmumformen die gewünschte Berandungskontur auf, so dass eine abschließende Beschneidung des Bauteilrandes entfällt. Auf diese Weise sollen die Zykluszeiten bei der Herstellung gehärteter Bauteile aus Stahlblech erheblich gesenkt werden. Der verwendete Stahl soll ein lufthärtender Stahl sein, der ggf. unter einer Schutzgasatmosphäre aufgeheizt wird, um eine Verzunderung während des Aufheizens zu vermeiden. Anderenfalls wird eine Zunderschicht <sup>auf</sup> vor das Formbauteil nach dem Warmumformen des Formbauteils entzündet. In dieser Druckschrift wird erwähnt, dass im Rahmen des Kaltumformprozesses der Bauteilrohling endkonturennah ausgeformt wird, wobei unter "endkonturnah" verstanden werden soll, dass diejenigen Teile der Geometrie des fertigen Bauteils, welche mit einem makroskopischen Materialfluss einhergehen, nach Abschluss des Kaltumformprozesses vollständig in den Bauteilrohling eingearbeitet sind. Nach Abschluss des Kaltumformprozesses sollen

somit zur Herstellung der dreidimensionalen Form des Bauteils nur noch geringe Formanpassungen notwendig sein, welche einen minimalen lokalen Materialfluss erfordern. Bei diesem Verfahren ist von Nachteil, dass nach wie vor ein Endformschritt der gesamten Kontur im warmen Zustand erfolgt, wobei zur Vermeidung von Verzunderung entweder der bekannte Weg gegangen werden muss, das unter Schutzgas geglüht werden muss oder die Teile entzündet werden müssen. Beiden Prozessen muss eine anschließende Korrosionsstückbeschichtung nachfolgen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei allen vorgenannten Verfahren sämtlichst von Nachteil ist, dass die hergestellten Teile nach dem Umformen und Härten weiter bearbeitet werden müssen was teuer und aufwendig ist. Zudem besitzen die Bauteile entweder keinen oder nur einen ungenügenden Korrosionsschutz.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen von gehärteten Bauteilen aus Stahlblech zu schaffen, welches einfach und schnell durchführbar ist und welches es ermöglicht, gehärtete Bauteile aus Stahlblech insbesondere Stahlfeinblech mit einem kathodischen Korrosionsschutz dimensionsgenau und ohne Nachbearbeitung wie Entzundern und Sandstrahlen herzustellen.

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Es ist eine weitere Aufgabe ein gehärtetes Bauteil aus Stahlblech zu schaffen, welches einen kathodischen Korrosionsschutz besitzt, dimensionsstabil und -genau ist und geringste Fertigungstoleranzen aufweist.

Die Aufgabe wird mit einem Bauteil aus einem gehärteten Stahlblech mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Vorteilhaftere Weiterbildungen sind in hiervon abhängigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß wird das Umformen der Bauteile sowie das Beschneiden und Lochen der Bauteile im Wesentlichen im ungehärteten Zustand durchgeführt. Die relativ gute Verformbarkeit des verwendeten speziellen Materials im ungehärteten Zustand lässt die Realisierung komplexer Bauteilgeometrien zu und ersetzt teures nachträgliches Beschneiden im gehärteten Zustand durch wesentlich preisgünstigere mechanische Schneidoperationen vor dem Härteprozess.

Die unvermeidlichen Dimensionsänderungen durch das Erhitzen des Bauteils werden bei dem Umformen des kalten Blechs bereits berücksichtigt, so dass das Bauteil circa 0,5 bis 2 % kleiner hergestellt wird, als es die Endabmessungen sind. Zumindest wird die erwartete Wärmedehnung bei der Umformung berücksichtigt.

Bei dem kaltem Bearbeiten des Bauteils, das heißt dem Umformen, Schneiden und Lochen ist es ausreichend, die Bereiche mit hoher Komplexität und Umformtiefe und gegebenenfalls die eng tolerierten Bereiche des Bauteils wie insbesondere die Schnittkanten, die Formkanten, die Formflächen und gegebenenfalls das Lochbild, wie insbesondere die Referenzlöcher mit den gewünschten Endtoleranzen, insbesondere den Beschnitt- und Lagetoleranzen, des fertigen, gehärteten Bauteils zu fertigen, wobei hierbei die Wärmedehnung des Bauteils durch das Aufheizen berücksichtigt bzw. kompensiert wird.

Dies bedeutet, dass das Bauteil nach dem kalten Umformen ca. 0,5 % bis 2 % kleiner ist als die Soll-Endabmessungen des fer-

tigen, gehärteten Bauteils. Kleiner bedeutet hierbei, dass das Bauteil nach dem kalten Umformen in allen drei Raumachsen also dreidimensional fertiggeformt ist. Die Wärmedehnung wird somit für alle drei Raumachsen gleichermaßen berücksichtigt. Im Stand der Technik kann die Wärmedehnung durch beispielsweise das nicht vollständige Schließen der Form nicht für alle Raumachsen berücksichtigt werden, da hier nur in Z-Richtung, durch eine unvollständige Ausformung, eine Dehnung berücksichtigt werden könnte. Erfindungsgemäß wird vorzugsweise die dreidimensionale Geometrie bzw. Kontur des Werkzeugs in allen drei Raumachsen kleiner gefertigt.

Zudem wird erfindungsgemäß ein feuerverzinktes Stahlblech und insbesondere ein feuerverzinktes Stahlblech mit einer Korrosionsschutzschicht einer speziellen Zusammensetzung verwendet.

Bislang ist die Fachwelt davon ausgegangen, dass verzinkte Stahlbleche für derartige Prozesse, bei denen vor oder nach dem Umformen ein Aufheisschritt stattfindet, nicht geeignet sind. Dies liegt zum einen daran, dass Zinkschichten oberhalb der bislang üblicherweise angewendeten Ofentemperatur von etwa 900 bis 950°C stark oxidieren oder unter Schutzgas (sauerstofffreie Atmosphäre) flüchtig sind.

Der erfindungsgemäße Korrosionsschutz für Stahlbleche, die zunächst einer Wärmebehandlung unterzogen und anschließend umgeformt und dabei gehärtet werden, ist ein kathodischer Korrosionsschutz, der im Wesentlichen auf Zink basiert. Erfindungsgemäß sind dem die Beschichtung ausbildenden Zink 0,1% bis 15% eines sauerstoffaffinen Elements wie Magnesium, Silizium, Titan, Calcium und Aluminium zugefügt. Es konnte herausgefunden werden, dass derart geringe Mengen eines sauerstoffaffinen Elements wie Magnesium, Silizium, Titan, Calcium und Alumi-

nium bei dieser speziellen Anwendung einen überraschenden Effekt herbeiführen.

Als sauerstoffaffine Elemente kommen erfindungsgemäß zumindest Mg, Al, Ti, Si, Ca in Frage. Wenn nachfolgend Aluminium genannt wird, steht dies stellvertretend auch für die genannten anderen Elemente.

Es hat sich überraschend herausgestellt, dass sich trotz der geringen Menge eines sauerstoffaffinen Elements wie insbesondere Aluminium, beim Aufheizen offensichtlich eine im Wesentlichen aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bzw. einem Oxid des sauerstoffaffinen Elements ( $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ) bestehende, sehr wirksame und nachteilige oberflächliche Schutzschicht bildet. Diese sehr dünne Oxidschicht schützt die darunter liegende Zn-haltige Korrosionsschutzschicht selbst bei sehr hohen Temperaturen vor Oxidation. D.h., dass sich während der speziellen Weiterverarbeitung des verzinkten Bleches im Presshärteverfahren, eine angenähert zweischichtige Korrosionsschutzschicht ausbildet, die aus einer kathodisch hochwirksamen Schicht, mit hohem Anteil Zink besteht und von einer Oxidationsschutzschicht aus einem Oxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ) gegenüber Oxidation und Abdampfen geschützt ist. Es ergibt sich somit eine kathodische Korrosionsschutzschicht mit einer überragenden chemischen Beständigkeit. Dies bedeutet, dass die Wärmebehandlung in einer oxidierten Atmosphäre zu erfolgen hat. Unter Schutzgas (sauerstofffreie Atmosphäre) kann eine Oxidation zwar vermieden werden, das Zink würde jedoch aufgrund des hohen Dampfdrucks abdampfen.

Es hat sich zudem herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Korrosionsschutzschicht für das Presshärteverfahren auch eine so große mechanische Stabilität aufweist, dass ein auf das Austenitisieren der Bleche folgender Umformschritt diese

Schicht nicht zerstört. Selbst wenn Mikrorisse auftreten, ist die kathodische Schutzwirkung jedoch zumindest deutlich stärker als die Schutzwirkung der bekannten Korrosionsschutzschichten für das Presshärteverfahren.

Um ein Blech mit dem erfindungsgemäßen Korrosionsschutz zu versehen, kann in einem ersten Schritt eine Zinklegierung mit einem Gehalt an Aluminium in Gewichtsprozent von größer als 0,1 jedoch geringer als 15%, insbesondere geringer als 10%, weiter bevorzugt geringer als 5% auf ein Stahlblech, insbesondere ein legiertes Stahlblech aufgebracht werden, worauf in einem zweiten Schritt Teile aus dem beschichteten Blech herausgearbeitet und insbesondere herausgeschnitten oder herausgestanzt werden und bei Zutritt von Luftsauerstoff auf eine Temperatur oberhalb der Austenitisierungstemperatur der Blechlegierung erwärmt und danach mit erhöhter Geschwindigkeit abgekühlt werden. Eine Umformung des aus dem Blech herausgeschnittenen Teils (der Platine) kann vor oder nach dem Erwärmen des Bleches auf die Austenitisierungstemperatur erfolgen.

Es wird angenommen, dass im ersten Schritt des Verfahrens, und zwar bei der Beschichtung des Bleches an der Blechoberfläche bzw. im proximalen Bereich der Schicht, eine dünne Sperrphase aus insbesondere  $\text{Fe}_2\text{Al}_{5-x}\text{Zn}_x$  gebildet wird, die die Fe-Zn-Diffusion bei einem Flüssigmetallbeschichtungsverfahren, welches insbesondere bei einer Temperatur bis  $690^\circ\text{C}$  erfolgt, behindert. Somit wird im ersten Verfahrensschritt das Blech mit einer Zink-Metallbeschichtung mit einer Zugabe von Aluminium erstellt, welche nur zur Blechoberfläche hin, als im proximalen Bereich der Auflage eine äußerst dünne Sperrphase, welche gegen ein rasches Wachsen einer Eisen-Zink-Verbindungsphase wirksam ist, aufweist. Zudem ist denkbar, dass allein die Anwesenheit von Aluminium die Eisen-Zink-Diffusionsneigung im Bereich der Grenzschicht senkt.

Erfolgt nun im zweiten Schritt ein Anwärmen des mit einer Zink-Aluminium-Metallschicht versehenen Bleches auf die Austenitisierungstemperatur des Blechwerkstoffes unter Luftsaurestoffzutritt, so wird vorerst die Metallschicht am Blech verflüssigt. An der distalen Oberfläche reagiert das sauerstoffaffinere Aluminium aus dem Zink mit Luftsaurestoff unter Bildung von festem Oxid bzw. Tonerde, wodurch in dieser Richtung ein Abfall der Aluminiummetallkonzentration entsteht, welche eine stetige Diffusion von Aluminium zur Abreicherung hin, also zum distalen Bereich hin bewirkt. Diese Tonerdeanreicherung, an dem der Luft ausgesetzte Schichtbereich wirkt nun als Oxidationsschutz für das Schichtmetall und als Abdampfungssperre für das Zink.

Zudem wird beim Anwärmen das Aluminium aus der proximalen Sperrphase durch stetige Diffusion zum distalen Bereich hin abgezogen und steht dort zur Bildung der oberflächlichen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht zur Verfügung. Somit wird die Ausbildung einer Blechbeschichtung erreicht, welche eine kathodisch hochwirksame Schicht mit hohem Zinkanteil hinterlässt.

Gut geeignet ist beispielsweise eine Zinklegierung mit einem Gehalt an Aluminium in Gewichtsprozent von größer als 0,2 jedoch kleiner als 4, vorzugsweise von Größe 0,26 jedoch kleiner 2,5 Gew.-%.

Wenn in günstiger Weise im ersten Schritt die Aufbringung der Zinklegierungsschicht auf die Blechoberfläche im Durchlauf durch ein Flüssigmetallbad bei einer Temperatur von höher als  $425^\circ\text{C}$ , jedoch niedriger als  $690^\circ\text{C}$ , insbesondere bei  $440^\circ\text{C}$  bis  $495^\circ\text{C}$  erfolgt, mit anschließender Abkühlung des beschichteten Blechs, kann nicht nur die proximale Sperrphase wirkungsvoll gebildet werden, bzw. eine sehr gute Diffusionsbehinderung im Bereich der Sperrschicht beobachtet werden, sondern es erfolgt

damit auch eine Verbesserung der Warmverformungseigenschaften des Blechmaterials.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist bei einem Verfahren gegeben, bei welchem ein warm- oder kaltgewalztes Stahlband mit einer Dicke von beispielsweise größer als 0,15 mm und mit einem Konzentrationsbereich mindestens einer der Legierungselemente in den Grenzen in Gew.-%

Kohlenstoff	bis 0,4,	vorzugsweise 0,15 bis 0,3
Silizium	bis 1,9,	vorzugsweise 0,11 bis 1,5
Mangan	bis 3,0,	vorzugsweise 0,8 bis 2,5
Chrom	bis 1,5,	vorzugsweise 0,1 bis 0,9
Molybdän	bis 0,9,	vorzugsweise 0,1 bis 0,5
Nickel	bis 0,9,	
Titan	bis 0,2	vorzugsweise 0,02 bis 0,1
Vanadin	bis 0,2	
Wolfram	bis 0,2,	
Aluminium	bis 0,2,	vorzugsweise 0,02 bis 0,07
Bor	bis 0,01,	vorzugsweise 0,0005 bis 0,005
Schwefel	Max. 0,01,	vorzugsweise Max. 0,008
Phosphor	Max. 0,025,	vorzugsweise Max. 0,01
Rest Eisen und Verunreinigungen		

eingesetzt wird.

Es konnte festgestellt werden, dass die Oberflächenstruktur des erfindungsgemäßen kathodischen Korrosionsschutzes besonders günstig für eine hohe Haftfähigkeit von Farben und Lacken ist.

Die Haftung der Beschichtung am Stahlblechgegenstand kann weiter verbessert werden, wenn die Oberflächenschicht eine zinkreiche, intermetallische Zink -Eisen-Aluminium-Phase und eine



eisenreich Eisen-Zink-Aluminium-Phase besitzt, wobei die eisenreiche Phase ein Verhältnis Zink zu Eisen von höchstens 0,95 ( $\text{Zn/Fe} \leq 0,95$ ), vorzugsweise von 0,20 bis 0,80 ( $\text{Zn/Fe} = 0,20$  bis 0,80) und die zinkreiche Phase ein Verhältnis Zink zu Eisen von mindestens 2,0 ( $\text{Zn/Fe} \geq 2,0$ ) vorzugsweise von 2,3 bis 19,0 ( $\text{Zn/Fe} = 2,3$  bis 19,0) aufweist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine solche Zinkschicht beim kalten Umformen offenbar nicht wesentlich beeinträchtigt. Vielmehr wird bei der Erfindung in vorteilhafter Weise beim Beschneiden und Lochen der kalten Platine Zinkmaterial durch das Werkzeug aus der Zinkschicht in die Schnittkante getragen und an der Schnittkante entlang verschmiert.

Eine Beschichtung mit Zink hat zudem den Vorteil, dass das Bauteil nach dem Erhitzen und beim Überführen in ein Formhärtewerkzeug weniger Wärme verliert, so dass das Bauteil nicht so hoch aufgeheizt werden muss. Hierdurch treten geringere thermische Dehnungen auf, so dass eine toleranzgenaue Fertigung vereinfacht wird, da die Gesamtdehnungen geringer sind.

Zudem hat das Bauteil bei der geringeren Temperatur eine höhere Stabilität was ein ~~ein~~ besseres Handling und ein schnelleres Einlegen in die Form ermöglicht.

Die Erfindung wird beispielhaft anhand einer Zeichnung erläutert. Die einzige Figur zeigt den Verfahrensablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Zur Durchführung des Verfahrens wird das ungehärtete, verzinkte spezielle Feinblech zunächst in Platinen geschnitten.

Die verarbeiteten Platinen können, Rechteck-, Trapez- oder Formplatinen sein. Für das Schneiden der Platinen können alle

bekannten Schneidprozesse angewandt werden. Vorzugsweise werden Scheidprozesse angewandt, die während des Schneidprozesses keine Wärme in das Blech einbringen.

Aus den geschnittenen Platinen werden anschließend mittels Kalt-Umformwerkzeugen Formteile hergestellt. Diese Herstellung von Formteilen umfasst alle Verfahren und/oder Prozesse, die in der Lage sind, diese Formteile herzustellen. Beispielsweise sind folgende Verfahren und/oder Prozesse geeignet:

Folgeverbundwerkzeuge,  
Einzelwerkzeuge in Verkettung,  
Stufenfolgewerkzeuge,  
Hydraulische Pressestraße,  
Mechanische Pressestraße,  
Explosionsumformen, elektromagnetisches Umformen, Rohr-  
Hydroformen, Platinen-Hydroformen  
und alle Kaltumformprozesse.

Nach dem Umformen und insbesondere dem Tiefziehen erfolgt der Endbeschnitt in den genannten herkömmlichen Werkzeugen.

Erfindungsgemäß wird das Formteil, welches im kalten Zustand geformt wurde um 0,5 bis 2 % kleiner hergestellt als die nominale Geometrie des Endbauteils, so dass die Wärmedehnung beim Aufheizen hierdurch kompensiert wird.

Die durch die genannten Prozesse hergestellten Formteile sollen kalt umgeformt sein, wobei deren Dimensionen innerhalb des vom Kunden für das Fertigteil geforderten Toleranzfeldes liegen. Wenn bei der vorgenannten Kaltumformung größere Toleranzen auftreten, so können diese teilweise nachträglich, geringfügigst, während des Formhärteprozesses, auf den noch eingegangen wird, korrigiert werden. Die Toleranzkorrektur im Form-

härteprozess wird jedoch vorzugsweise nur für Formabweichungen durchgeführt. Derartige Formabweichungen können somit nach Art eines Warmkalibrierens korrigiert werden. Der Korrekturprozess soll jedoch möglichst nur auf einen Biegevorgang beschränkt werden, wobei Schneidkanten, die von der Werkstoffmenge abhängig sind (in Relation zur Formkante) nachträglich nicht beeinflusst werden sollen und können, d.h., dass, wenn die Geometrie der Schneidkanten in den Teilen nicht korrekt ist, im Formhärtewerkzeug keine Korrektur durchgeführt werden kann. Zusammenfassend kann man somit feststellen, dass der Toleranzbereich bzgl. der Schneidkanten dem Toleranzbereich während des Kaltumformens und des Formhärteprozesses entspricht.

Vorzugsweise sollen innerhalb eines Formteils keine markanten Falten vorhanden sein, da dann die Gleichmäßigkeit des Druckbildes und ein gleichmäßiger Formhärteprozess nicht zu gewährleisten sind.

Nachdem das Bauteil vollständig geformt wurde wird das verformte und beschnittene Teil auf eine Glühtemperatur von über 780°C insbesondere 800°C bis 950°C erhitzt und einige Sekunden bis zu einigen Minuten auf dieser Temperatur gehalten, zumindest jedoch solange bis eine gewünschte Austenitisierung stattgefunden hat.

Nach dem Glühprozess wird das Bauteil dem erfindungsgemäßen Formhärteschritt unterzogen. Für den erfindungsgemäßen Formhärteschritt wird das Bauteil in ein Werkzeug innerhalb einer Presse eingelegt, wobei dieses Formhärtewerkzeug der Soll-Endgeometrie des fertigen Bauteils, das heißt der Größe des kalt hergestellten Bauteils inklusive der Wärmedehnung vorzugsweise entspricht.

Hierzu besitzt das Formhärtewerkzeug eine Geometrie bzw. Kontur die im Wesentlichen der Geometrie bzw. Kontur des Kalt-Umformwerkzeuges entspricht, jedoch 0,5, bis 2 % größer ist (bezüglich aller drei Raumachsen). Angestrebt wird beim Formhärten ein vollflächiger Formschluss zwischen dem Formhärtewerkzeug und dem zu härtenden Werkstück bzw. Bauteil unmittelbar nach dem Schließen des Werkzeuges.

Das Formteil wird mit einer Temperatur von ca. 740°C bis 910°C, vorzugsweise 780°C bis 840°C in das Formhärtewerkzeug gelegt, wobei die vorhergegangene Kaltumformung wie bereits ausgeführt die Wärmedehnung des Teiles bei diesem Einlege-Temperatur-Bereich berücksichtigt.

Durch die erfindungsgemäße Verzinkung des Bauteils kann eine Einlegetemperatur von 780°C bis 840°C auch noch dann erreicht werden, wenn die Glüh Temperatur des kalt umgeformten Bauteils zwischen 800°C und 850°C liegt, da die spezielle, erfindungsgemäße Zinkschicht - gegenüber nicht beschichteten Blechen - eine schnelle Auskühlung vermindert. Dies hat zum Vorteil, dass die Teile weniger hoch erhitzt werden müssen und insbesondere eine Erhitzung auf über 900°C vermieden werden kann. Dies hat wiederum eine Wechselwirkung mit der Zinkbeschichtung zur Folge, da die Zinkbeschichtung bei etwas niedrigeren Temperaturen weniger in Mitleidenschaft gezogen wird.

Nachfolgend wird das Aufheizen und Formhärten beispielhaft näher erläutert.

Für die Durchführung des Formhärteprozesses wird insbesondere ein Teil zunächst von einem Roboter von einem Transportband abgenommen und in eine Markierstation eingelegt, damit jedes Teil nachvollziehbar vor dem Formhärten markiert werden kann. Anschließend legt der Roboter das Teil auf einen Zwischenträ-

ger, wobei der Zwischenträger über ein Transportband in einem Ofen läuft und das Teil erwärmt wird.

Für das Aufheizen wird beispielsweise ein Durchlaufofen mit Konvektionserwärmung verwendet. Jedoch sind auch jegliche andere Wärmeaggregate bzw. Öfen verwendbar, insbesondere auch Öfen, in denen die Formteile elektromagnetisch oder mit Mikrowellen aufgeheizt werden. Das Formteil durchläuft auf dem Träger den Ofen, wobei der Träger vorgesehen ist, damit die Korrosionsschutzbeschichtung beim Erwärmen nicht auf Rollen des Durchlaufofens übertragen oder von diesem abgerieben wird.

Im Ofen werden die Teile auf eine Temperatur erwärmt, die über der Austenitisierungstemperatur der verwendeten Legierung liegt. Da die Zinkschicht, wie bereits ausgeführt, nicht besonders stabil ist, wird die maximale Temperatur der Teile so niedrig wie möglich gehalten, wobei dies, wie bereits ausgeführt, insbesondere dadurch ermöglicht wird, dass das Teil durch die Zinkschicht anschließend langsamer auskühlt.

Nach dem Erwärmen der Teile auf Maximaltemperatur muss, um eine vollständige Härtung und einen ausreichenden Korrosionsschutz zu erhalten, ab einer bestimmten Mindesttemperatur ( $>700^{\circ}\text{C}$ ) mit einer minimalen Abkühlgeschwindigkeit von  $>20\text{K/s}$  abgekühlt werden. Diese Abkühlgeschwindigkeit wird beim anschließenden Formhärten erreicht.

Hierfür nimmt ein Roboter das Teil, abhängig auch von der Dicke bei  $780^{\circ}\text{C}$  bis  $950^{\circ}\text{C}$ , insbesondere  $860^{\circ}\text{C}$  bis  $900^{\circ}\text{C}$  aus dem Ofen und legt es in das Formhärtewerkzeug ein. Während des Manipulierens verliert das Formteil ungefähr  $10^{\circ}\text{C}$  bis  $80^{\circ}\text{C}$  insbesondere  $40^{\circ}\text{C}$ , wobei der Roboter zum Einlegen vorzugsweise so ausgeführt ist, dass er mit hoher Geschwindigkeit das Teil maßgenau in das Formhärtewerkzeug einlegt. Das Formteil wird

vom Roboter auf einen Teileheber abgelegt und anschließend die Presse rasch heruntergefahren, wobei der Teilheber verdrängt und das Teil fixiert wird. Hierdurch wird sichergestellt, dass das Bauteil sauber positioniert und geführt wird, bis das Werkzeug geschlossen ist. Zu dem Zeitpunkt zu dem die Presse und somit das Formhärtewerkzeug geschlossen sind, hat das Teil noch eine Temperatur von mindestens 780°C. Die Oberfläche des Werkzeuges hat eine Temperatur von weniger als 50°C, wodurch das Teil rasch auf 80°C bis 200°C abgekühlt wird. Je länger das Teil im Werkzeug festgehalten wird, desto besser ist die Maßgenauigkeit.

Das Werkzeug wird hierbei durch Thermoschock belastet, wobei es das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, insbesondere wenn beim Formhärteschritt keine Umformschritte durchgeführt werden, das Werkzeug bzgl. seines Grundwerkstoffs auf eine hohe Thermoschockbeständigkeit auszulegen. Bei herkömmlichen Verfahren müssen die Werkzeuge zudem noch eine hohe Abrasionsbeständigkeit aufweisen, die jedoch im vorliegenden Fall keine wesentliche Rolle spielt und insofern das Werkzeug verbilligt.

Beim Einlegen des Formteils ist darauf zu achten, dass das komplett beschnittene und gelochte Teil korrekt passend in das Formhärtewerkzeug eingelegt wird, wobei kein überschüssiges Material und kein Materialüberstand vorhanden sein soll. Winkel können durch einfaches Biegen korrigiert werden, es kann jedoch kein überschüssiger Werkstoff eliminiert werden. Deshalb müssen am kaltumgeformten Teil die Schnittkanten in Relation zu den Formkanten maßgenau geschnitten sein. Die Beschneidkanten sollen beim Formhärten fixiert werden, um Versetzungen der Schnittkanten zu vermeiden.

Anschließend nimmt ein Roboter die Teile aus der Presse und legt diese auf einem Gestell ab, wo sie weiter abkühlen. Die

Abkühlung kann, wenn dies gewünscht ist, durch zusätzliches Anblasen von Luft beschleunigt werden.

Durch die erfindungsgemäße Formhärtung ohne nennenswerte Umformschritte und bei einem im Wesentlichen vollflächigen Formschluss von Werkzeug und Werkzeugstück ist es gewährleistet, dass alle Bereiche des Werkstücks definiert und von allen Seiten gleichzeitig uniform gekühlt werden. Bei üblichen Umformprozessen erfolgt eine nachvollziehbare definierte Abkühlung erst dann, wenn der Umformprozess soweit gediehen ist, dass das Material an beiden Formhälften anliegt. Im vorliegenden Fall liegt das Material jedoch vorzugsweise sofort allseitig formschlüssig an den Formhälften an.

Zudem ist von Vorteil, dass auf der Blechoberfläche vorhandene Korrosionsschutzschichten und insbesondere Schichten, die durch das Feuerverzinken aufgebracht wurden, nicht verletzt werden.

Ferner ist von Vorteil, dass im Gegensatz zu bisherigen Verarbeitungsprozessen ein teures Endbeschneiden nach dem Härten nicht mehr notwendig ist. Hierdurch ergibt sich ein erheblicher Kostenvorteil. Da das Verformen beziehungsweise Umformen im Wesentlichen im kaltem Zustand vor dem Härten geschieht, wird die Komplexität des Bauteils im Wesentlichen nur durch die Verformungseigenschaften des kaltem ungehärteten Materials bestimmt. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich dadurch erheblich komplexere gehärtete Bauteile in höherer Qualität herstellen, als bisher.

Ein zusätzlicher Vorteil ist die geringe Beanspruchung des Formhärtewerkzeugs aufgrund der vollständig vorhandenen Endgeometrie im kalten Zustand. Hierdurch kann eine wesentlich hö-

here Werkzeugstandzeit und Maßhaltigkeit erreicht werden, was wiederum eine Kostenreduktion bedeutet.

Dadurch, dass die Teile nicht so hoch gegläht werden müssen, kann Energie gespart werden.

Aufgrund der definierten Abkühlung des Werkstücks in allen Teilen ohne einen die Kühlung negativ beeinflussenden zusätzlichen Umformprozess kann die Anzahl der Bauteile die nicht innerhalb der Vorgaben liegen deutlich gesenkt werden, so dass wiederum die Herstellkosten gesenkt werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird das Formhärten so durchgeführt, dass ein Anliegen des Werkstücks an den Formhälften bzw. ein Formschluss zwischen Werkstück und Werkzeug lediglich an den eng tolerierten Bereichen wie den Schnitt- und Formkanten, den Formflächen und gegebenenfalls in den Bereichen des Lochbildes erfolgt.

Hierbei wird der Formschluss in diesem Bereichen derart herbeigeführt, dass diese Bereiche so sicher gehalten und geklemmt werden, dass weniger eng tolerierte Bereiche eine Warmumformung im Werkzeug Verfahren können, ohne dass die bereits maß- und lagegenau eng tolerierten Bereiche negativ beeinflusst und insbesondere Verzogen werden.

Selbstverständlich wird auch bei dieser vorteilhaften Ausführungsform die Wärmedehnung, die das Bauteil beim Einlegen in das Formwerkzeug noch inne hat, in bereits beschriebener Weise berücksichtigt.

Bei dieser vorteilhaften Ausführungsform ist es jedoch zudem möglich, die nicht eng tolerierten Bereiche, entweder durch Nichtanliegen einer oder beiden Formwerkzeughälften langsamer



abzukühlen und dort durch das langsamere Abkühlen andere Härtegrade zu erreichen, oder in diesen Bereichen eine gewünschte Warmumformung zu erzielen, ohne dass die eng tolerierten Bereiche beeinflusst werden. Dies kann beispielsweise durch zusätzliche Stempel in den Formwerkzeughälften erfolgen. Wesentlich ist, wie bereits ausgeführt jedoch auch bei dieser bevorzugten Ausführungsform, dass die eng tolerierten Bereiche beim Formhärten bzgl. einer Umformung unbeeinflusst bleiben.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von gehärteten Bauteilen aus Stahlblech, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:
  - a) Formen von Formteilen aus einem mit einem kathodischen Korrosionsschutz versehenen Stahlblech; wobei
  - b) vor, beim oder nach dem Formen des Formteils ein notwendiger Endbeschnitt des Formteils und gegebenenfalls erforderliche Ausstanzungen bzw. die Erzeugung eines Lochbildes vorgenommen wird, wobei
  - c) das Formteil anschließend zumindest teilbereichsweise unter Zutritt von Luftsauerstoff auf eine Temperatur erhitzt wird, welche eine Austenitisierung des Stahlwerkstoffes ermöglicht, und
  - d) das Bauteil anschließend in ein Formhärtewerkzeug überführt wird und im Formhärtewerkzeug eine Formhärtung durchgeführt wird, bei der durch das Anlegen und Pressen des Bauteils durch die Formhärtewerkzeuge das Bauteil gekühlt und dadurch gehärtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die kathodische Korrosionsschutzbeschichtung eine Beschichtung ist, die im Schmelztauchverfahren aufgebracht wird, wobei die Beschichtung aus einer Mischung aus im Wesentlichen Zink besteht und die Mischung zudem ein oder mehrere sauerstoffaffine Elemente in einer Gesamtmenge

- von 0,1 Gew.-% bis 15 Gew.-% bezogen auf die gesamte Mischung enthält und bei der Erhitzung des Stahlblechs auf die zum Härten notwendige Temperatur auf der Beschichtung eine oberflächliche Haut aus einem Oxid des oder der sauerstoffaffinen Elemente gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als sauerstoffaffine Elemente in der Mischung Magnesium und/oder Silizium und/oder Titanium und/oder Calcium und/oder Aluminium verwendet werden.
  4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 0,2 Gew.-% bis 5 Gew.-% der sauerstoffaffinen Elemente verwendet werden.
  5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 0,26 Gew.-% bis 2,5 Gew.-% der sauerstoffaffinen Elemente verwendet werden.
  6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als sauerstoffaffines Element im Wesentlichen Aluminium verwendet wird.
  7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsmischung so ausgewählt wird, dass während des Aufheizens die Schicht oberflächlich eine Oxidhaut aus Oxiden des oder der sauerstoffaffinen Elementen bildet und die Beschichtung zumindest zwei Phasen ausbildet, wobei eine zinkreiche und eine eisenreiche Phase ausgebildet werden.
  8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eisenreiche Phase mit einem Verhältnis Zink zu Eisen von höchstens 0,95 ( $Zn/Fe \leq 0,95$ ) vor-

zugsweise von 0,20 bis 0,80 ( $\text{Zn/Fe}=0,20$  bis  $0,80$ ) und die zinkreiche Phase mit einem Verhältnis Zink zu Eisen von mindestens 2,0 ( $\text{Zn/Fe}\geq 2,0$ ) vorzugsweise von 2,3 bis 19,0 ( $\text{Zn/Fe}=2,3$  bis  $19,0$ ) ausgebildet werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eisenreiche Phase ein Verhältnis von Zink zu Eisen von etwa 30:70 besitzt und die zinkreiche Phase mit einem Verhältnis von Zink zu Eisen von etwa 80:20 ausgebildet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht zudem einzelne Bereiche mit Zinkanteilen  $> 90 \%$  Zink enthält.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung so ausgebildet wird, dass sie bei einer Ausgangsdicke von  $15\mu\text{m}$  nach dem Härteprozess eine kathodische Schutzwirkung von mindestens  $4 \text{ J/cm}^2$  entwickelt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung mit der Mischung aus Zink und den sauerstoffaffinen Elementen im Durchlauf durch ein Flüssigmetallbad bei einer Temperatur  $425^\circ\text{C}$  bis  $690^\circ\text{C}$  mit anschließender Abkühlung des beschichteten Bleches erfolgt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung mit der Mischung aus Zink und den sauerstoffaffinen Elementen im Durchlauf durch ein Flüssigmetallbad bei einer Temperatur von  $440^\circ\text{C}$  bis  $495^\circ\text{C}$  mit anschließender Abkühlung des beschichteten Bleches erfolgt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als kathodische Korrosionsschutzschicht eine Schicht verwendet wird, die eine konstante Schichtdicke über das Bauteil besitzt.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformung und der Beschneidung sowie ggf. die Ausstanzungen und die Anordnung eines Lochbildes auf dem Bauteil derart vorgenommen werden, dass das Formbauteil 0,5% bis 2,0% kleiner ausgebildet ist als das Endbauteil und vorzugsweise 1% kleiner ausgebildet ist als das Endbauteil.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltezeit über der Austenitisierungstemperatur bis 10 Minuten beträgt.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltetemperatur bei der Aufheizphase maximal 780 bis 950°C beträgt.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmedehnung des fertigen Formteils nach dem Umformen und Beschneiden beziehungsweise Stanzen während des Aufheizprozesses bei der Dimensionierung des Bauteils und insbesondere beim Umformen und Beschneiden des Bauteils derart berücksichtigt wird, dass das Bauteil nach Abschluss der Wärmedehnung die Soll-Größe beziehungsweise Soll-Geometrie einnimmt oder geringfügig größer ist.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Formhärten die eng tolerierten

Bereiche des Formbauteils, insbesondere die Schnittkanten, die Formkante und das Lochbild von den Formwerkzeughälften verzugsfrei eingeklemmt werden, wobei Formteilbereiche, die außerhalb der eng tolerierten Bereiche liegen, einem weiteren Umformschritt in heißem Zustand unterworfen werden können.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Formteil im Wesentlichen gleichzeitig vollflächig und mit gleicher Kraft von den Formwerkzeughälften gepresst und gehärtet wird.
21. Stahlblechbauteil mit einer kathodischen Korrosionsschutzschicht hergestellt mit einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
22. Stahlblechbauteil nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil ausbildende Stahlblech eine Festigkeit von 800 bis 2000 MPa besitzt.
23. Stahlblechbauteil nach Anspruch 21 und/oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlblechbauteil eine Korrosionsschutzbeschichtung besitzt, wobei die Korrosionsschutzschicht eine durch ein Schmelztauchverfahren aufbrachte Korrosionsschutzschicht ist und die Beschichtung aus einer Mischung aus im Wesentlichen Zink besteht und die Mischung zu dem eine oder mehrere sauerstoffaffine Elemente in einer Gesamtmenge von 0,1 Gew.-% bis 15 Gew.-% bezogen auf die gesamte Mischung enthält, wobei die Korrosionsschutzschicht oberflächlich eine Oxidhaut aus Oxiden des oder der sauerstoffaffinen Elemente besitzt und die Beschichtung zumindest zwei Phasen besitzt, wobei eine zinkreiche und eine eisenreiche Phase vorhanden sind.

24. Stahlblechbauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrosionsschutzschicht als sauerstoffaffine Elemente in der Mischung Magnesium und/oder Silizium und/oder Titanium und/oder Calcium und/oder Aluminium enthält.
25. Stahlblechbauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die eisenreiche Phase ein Verhältnis Zink zu Eisen von höchstens 0,95 ( $\text{Zn/Fe} \leq 0,95$ ) vorzugsweise 0,20 bis 0,80 ( $\text{Zn/Fe} = 0,20$  bis 0,80) und die zinkreiche Phase ein Verhältnis Zink zu Eisen von mindestens 2,0 ( $\text{Zn/Fe} \geq 2,0$ ) vorzugsweise von 2,3 bis 19,0 ( $\text{Zn/Fe} = 2,3$  bis 19,0) aufweist.
26. Stahlblechbauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die eisenreiche Phase ein Verhältnis von Zink zu Eisen von etwa 30:70 besitzt und die zinkreiche Phase ein Verhältnis von Zink zu Eisen von etwa 80:20 besitzt.
27. Stahlblechbauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlblechbauteil zudem einzelne Bereiche mit Zinkanteilen  $\geq 90$  Gew.-% Zink enthält.
28. Stahlblechbauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrosionsschutzschicht bei einer Dicke von 15  $\mu\text{m}$  eine kathodische Schutzwirkung von mindestens 4 J/cm<sup>2</sup> besitzt.
29. Stahlblechbauteil nach einem der Ansprüche 21 bis 28, wobei das Bauteil aus einem warm- oder kaltgewalzten Stahlband mit einer Dicke von  $\geq 0,15$  mm und mit einem Konzent-

rationsbereich mindestens einer Legierungselementen in den Grenzen in Gew.-%

Kohlenstoff	bis 0,4,	vorzugsweise 0,15 bis 0,3
Silizium	bis 1,9,	vorzugsweise 0,11 bis 1,5
Mangan	bis 3,0,	vorzugsweise 0,8 bis 2,5
Chrom	bis 1,5,	vorzugsweise 0,1 bis 0,9
Molybdän	bis 0,9,	vorzugsweise 0,1 bis 0,5
Nickel	bis 0,9,	
Titan	bis 0,2	vorzugsweise 0,02 bis 0,1
Vanadin	bis 0,2	
Wolfram	bis 0,2,	
Aluminium	bis 0,2,	vorzugsweise 0,02 bis 0,07
Bor	bis 0,01,	vorzugsweise 0,0005 bis 0,005
Schwefel	Max. 0,01,	vorzugsweise Max. 0,008
Phosphor	Max. 0,025,	vorzugsweise Max. 0,01

Rest Eisen und Verunreinigungen

ausgebildet ist.



BEST AVAILABLE COPY

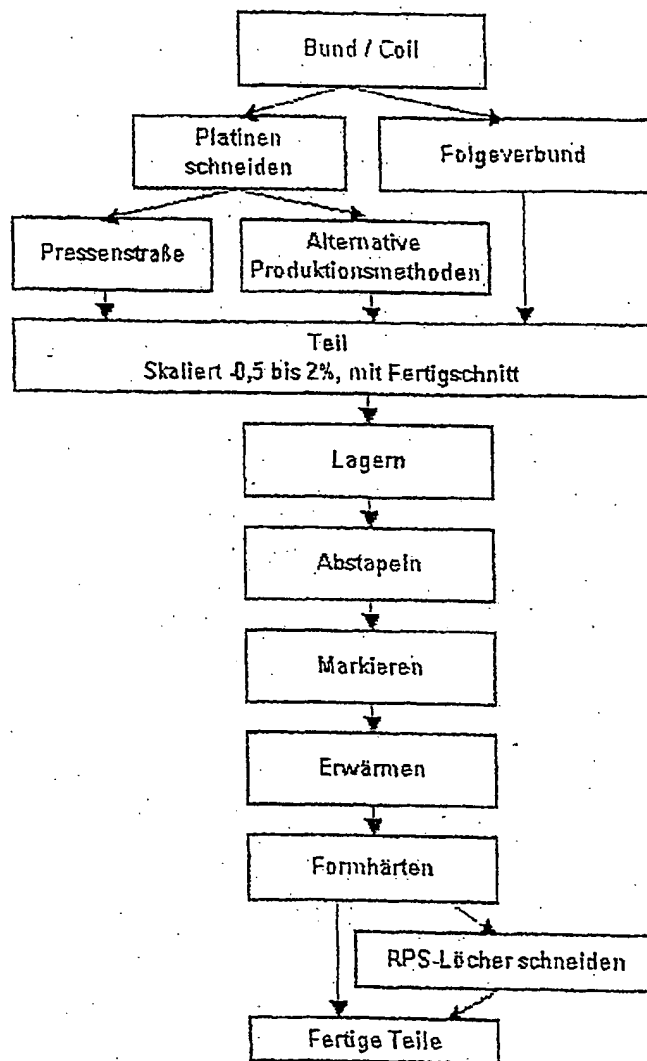


Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**